2К

УДК 004.415.002:37

М.П. Костюченко
Донецький національний технічний університет, Україна
Україна, 83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58

Інформаційно-кібернетичні та психолого-дидактичні аспекти проектування експертно-навчальних систем

M.P. Kostyuchenko
Donetsk National Technical University, Ukraine
Ukraine, 83000, c. Donetsk, st. of Artem, 58

Informative-Cybernetic and Psychology-Didactic Aspects of Planning of the Expertly-Teaching Systems

М.П. Костюченко
Донецкий национальный технический университет, Украина
Украина, 83000, г. Донецк, ул. Артема, 58

Информационно-кибернетические и психолого-дидактические аспекты проектирования экспертно-обучающих систем

У статті розглянуті питання проектування експертно-навчальних систем (ЕНС). Проаналізовані інформаційні, кібернетичні, дидактичні та психологічні аспекти проектування та функціонування ЕНС.
Ключові слова: експертно-навчальна система, предметна область, проектування, модель, гомоморфізм, знання, база знань, навчання, технологія.

In the article the considered questions of planning expertly-teaching systems (ETS). The informative, cybernetic, didactics and psychological aspects of planning and functioning of ETS are analysed.
Keywords: expertly-teaching system, subject domain, planning, model, homomorphism, knowledge, base of knowledges, teaching, technology.

В статье рассмотрены вопросы проектирования экспертно-обучающих систем (ЭОС). Проанализированы информационные, кибернетические, дидактичные и психологические аспекты проектирования и функционирования ЭОС.
Ключевые слова: экспертно-обучающая система, предметная область, проектирование, модель, гомоморфизм, знание, база знаний, обучение, технология.

Постановка проблеми. «Штучний інтелект – це галузь інформатики, яка займається розробкою інтелектуальних комп’ютерних систем, тобто систем, які мають можливості, які ми традиційно пов’язуємо з людським розумом, – розуміння мови, навчання, здатність міркувати, вирішувати проблеми і т.д.» [1, с. 35]. Зі штучним інтелектом пов’язані сучасні інформаційні технології – процеси збирання, накопичення, зберігання, обробки, передачі та використання інформації у вигляді знань. Застосування інформаційних технологій в освіті реалізується як *інформаційні технології навчання* (ІТН), які передбачають автоматизацію та оптимізацію процесу навчання. Очевидно, що процес навчання являє собою сукупність двох взаємопов’язаних і відносно самостійних процесів – діяльності навчаючого (проектування, планування, організація, викладання, інструктування, управління) і діяльності студента чи учня – *учіння* або засвоєння знань, способів дій. Механізмом процесу навчання є не передача та засвоєння студентами (учнями) порцій навчальної інформації, відтворення ними інтелектуальних чи психомоторних дій, а процес управління (керування – для технічних навчальних систем)

діяльністю студентів (учнів). Результатом вказаного процесу є перетворення «*входів*» (цілей навчання) на «*виходи*» (набуття суб'єктом учіння знань, засвоєння способів дій).

Поява та розвиток ІТН пояснюється *концепцією «Семи І»*, відповідно до якої диверсифікований розвиток освітніх систем, генезис і розвиток технологій навчання пов'язані з такими семи тенденціями: *інформатизація, інтенсифікація, інтелектуалізація, інновація, індоктринація, інтеграція, індивідуалізація* [2]. Пріоритетною тенденцією є *інформатизація освіти* – комплекс соціально-педагогічних перетворень, пов'язаних з насиченням освітніх систем інформаційною продукцією, засобами і технологіями, які базуються на досягненнях теоретичної та прикладної інформатики, в тому числі штучного інтелекту. У вузькому сенсі інформатизація пов'язана з впровадженням у заклади освіти *комп'ютерних систем навчання* (КСН), тобто персональних комп'ютерів, серверів, сучасного програмного забезпечення, а також ІТН, серед яких потрібно виділити інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ). Можна виділити сім етапів розвитку ІТН і КСН у ретроспективі: 1) винахід друкарського верстата (І. Гутенберг, XV ст.); 2) зародження кібернетики (Н. Вінер, 1946 р.) і систем програмованого навчання (Б. Скіннер, Н. Кроудер, 50-і рр. XX ст.); 3) створення продуктованих, декларативних і процедурних *автоматизованих навчальних систем* (АНС) на базі електронно-обчислювальних машин (кінець 60-х – початок 70-х рр. XX ст.); 4) виникнення *експертно-навчальних систем* (ЕНС) і гіпертекстових систем (ГС) (друга половина 70-х рр. XX ст.); 5) розробка ІКТ, мультимедіа та гіпермедіа технологій (зокрема, віртуальної реальності) на основі персональних комп'ютерів (початок 80-х рр. XX ст.); 6) винайдення нейрокомп'ютера, розробка інтелектуальних навчальних систем (ІНС) (середина 80-х рр. – початок 90-х рр. XX ст.); 7) виникнення та розвиток телекомунікаційних мереж, зокрема мережі Інтернет, поява WWW-серверів, а згодом веб-сайтів освітніх і наукових центрів, електронної дистанційної освіти (1990 р. – початок XXI ст.).

Кінець XX – початок XXI ст. характеризується лавиноподібним розвитком інформаційних технологій, зокрема ІТН, які базуються на досягненнях в галузі розробки комп'ютерної техніки і засобів зв'язку. Проте економічна та дидактична ефективність КСН, яка характеризує якість їх функціонування в заданих умовах застосування, а також визначає ступінь їх досконалості та відповідності своєму призначенню, ще не досягла того рівня, який ставиться перед сучасними АНС. Як показали результати експертного оцінювання [3], найбільш ефективним варіантом КСН за показниками рівня автоматизації при розв'язанні навчальних завдань, керування процесом учіння, контролем за навчально-пізнавальною діяльністю студентів (учнів) й автоматизованого оцінювання їх навчальних досягнень є інтелектуальна ЕНС. Вказана суперечність пов'язана з тим, що ефективність проектованих ЕНС залежить не тільки від якості розробки математичного, програмного та технічного забезпечення, а й від психолого-педагогічного забезпечення, зокрема від «…слабкої розробки психологічної теорії отримання знань, формування понять і побудови логічного висновку» [4, с. 33]. Вказане визначає проблему дослідження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Теорії штучного інтелекту та методам розробки ЕНС присвячені роботи О.Я. Анопрієнка, Є.О. Башкова, Т.О. Гаврилова, В.І. Грекула, П. Джексона, С.Б. Іванової, А.А. Каргіна, Ю.В. Крака, М.Г. Матвєєва, М. Мінського, Е.В. Попова, Д.О. Поспєлова, О.Г. Руденко, Ю. Саєкі, І.В. Сергієнко, В.І. Скурихіна, В.В. Сторожа, В.Є Ходакова, В.Ф. Хорошевського, А.І. Шевченко, В.Ю Шелепова та ін. Проблемі інформатизації освіти та використання ЕНС присвячені роботи В.Ю. Бикова, Б.М. Герасимова, А.М. Довгялло, М.І. Жалдака, М.З. Згуровського, М.І. Лазарєва, Є.І. Машбіца, Н.В. Морзе, О.Г. Оксіюка, Ю.С. Рамського, П.М. Таланчук, С.А. Шворова, М.І. Шкіля, К.Л. Ющенко та ін.

Мета дослідження – дослідження впливу інформаційно-кібернетичних і психолого-дидактичних аспектів на проектування та функціонування ЕНС.

Виклад основного матеріалу. На відміну від традиційного навчання, в якому результати залежать, насамперед, від особистості викладача, рівня його майстерності та якості змісту підручників, ІТН призначені для створення якісно нових можливостей, пов'язаних з автоматизацією проектування змісту та процесу навчання, здійснення останнього шляхом індивідуалізованої (самостійної) розумової праці студентів (учнів). Будь-яке навчання у ВНЗ починається з розробки навчально-програмної документації та проектування змісту та процесу навчання на таких рівнях: рівень загального теоретичного уявлення (навчальний план); рівень навчальних програм за певним освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки (бакалавр, спеціаліст, магістр); рівень навчального матеріалу (НМ); рівень процесу навчання; мнемонічно-когнітивний рівень, тобто рівень свідомості студента, який засвоїв зміст навчання за допомогою довготермінової пам'яті та мислення.

Інтелектуалізація (від лат. intellectus – розум, розуміння, пізнання) означає істотне розширення меж і основних процесів людської пам'яті (запам'ятовування, збереження, відновлювання), а також формування та розвиток критеріїв креативності (швидкість, гнучкість, оригінальність, точність) як параметрів дивергентного мислення [5]. Навчальні програми вважаються інтелектуальними, якщо вони спроможні на таке: 1) генерувати навчальні завдання; 2) розв'язувати завдання, які запропоновані студенту, використовуючи методи зображення (подання, «представлення») знань про об'єкти предметної області (ПО); 3) визначати стратегію і тактику ведення діалогу зі студентом; 4) моделювати стан знань студента; 5) самонавчатися на основі аналізу результатів взаємодії зі студентом [6]. На відміну від традиційного навчання в ЕНС стандартизуються не навчальні плани і програми, а цілі фахової (професійної) підготовки. Це передбачає відхід від фіксованого навчального плану та програм, які орієнтовані на масову вищу освіту та перехід на гнучкі навчальні плани та програми, які адаптовані до конкретного студента.

Проектування бази знань (БЗ) про об'єкти ПО починається з аналізу ПО та конструювання моделей їх об'єктів. Термін «*предметна область*» означає поняття, що відображає частину реального світу (фрагмент дійсності), яка складається із об'єктів (предметів), їх невід'ємних властивостей (атрибутів), зв'язків між об'єктами, а також функціонування і розвиток об'єктів, що проявляється в явищах і процесах. Таким чином, роль ПО можуть відігравати взаємопов'язані реальні об'єкти (предмети, явища, процеси, виробничі ситуації і т.д.) поля виробничої (наукової, навчальної, ігрової тощо) діяльності. Як показано в [7], певна сукупність взаємопов'язаних об'єктів, абстрагованих від численних другорядних властивостей, має назву «емпірична структура», а зв'язки між об'єктами ПО розглядаються як емпіричні відношення. Як наслідок, маємо *емпіричну систему з відношеннями* (ЕСВ), яка ізоморфно відображає ПО. Якщо в ПО є **n** об'єктів a_i, $i=\overline{1,n}$, $i \in \mathbf{I}$, де **I** – множина об'єктів ПО, **J** – множина відношень $\mathbf{R_j}$ між об'єктами ПО, $j=\overline{1,m}$, m – число відношень, то ЕСВ можна подати у вигляді кортежу:

$$\mathbf{S} = \langle \{ a_i \}, i \in \mathbf{I}, \sim ; \{ \mathbf{R_j} \}, j \in \mathbf{J}, \sim \rangle, \qquad (1)$$

де знак **~** означає відношення еквівалентності на множинах **I** і **J**, тобто бінарне відношення, для якого виконуються умови рефлексивності, симетричності та транзитивності. З фізичної точки зору еквівалентність означає узгодженість між собою як самих об'єктів a_i, так і зв'язків (відношень) між ними $\mathbf{R_j}$, що забезпечує цілісність системи **S**. Співвідношення (1) є формалізованим уявленням про ПО, яка розглядається як ЕСВ. Очевидно, що ізоморфізм відображення Υ об'єкта a_i ПО є його образ $\mathbf{o_i}$ або

система-оригинал $\mathbf{S_i}$, яка є підсистемою системи **S**, тобто $\mathbf{S_i} \subset \mathbf{S}$. Зазначимо, що в рамках онтології, тобто БЗ спеціального типу [8], систему **S** можна інтерпретувати як кінцеву множину концептів (понять, термінів) заданої ПО та кінцеву множину відношень між вказаними концептами.

ПО можна розглядати як джерело інформації, яке відображає внутрішню структуру взаємодіючих об'єктів a_i ($i = \overline{1,n}$). Вважаємо, що це джерело інформації відображає власну прагматичну ($\mathbf{Y_1}$) і семантичну (смислову) ($\mathbf{Y_2}$) структури, які входять у множину **Y**. Множину елементів внутрішньої структури джерела інформації позначимо як $\mathbf{A} = \{a_i\}$, $i \in \mathbf{I}$. Тоді число структур інформації, які отримуються від множини **A** об'єктів ПО можна задати числом компонентів множини **D**, яка визначається об'єднанням двох множин [9]:

$$\mathbf{D} = (\mathbf{A} \times \mathbf{Y}) \cup (\mathbf{A} \times \mathbf{A}), \tag{2}$$

де перший декартів добуток зображається графом відношень від **A** до **Y** (біграфом), а другий – графом відношень в множині **A**, який визначає число зв'язків між об'єктами ПО.

Очевидно, в реальному (нелінійному, активному) середовищі передача інформації (комунікація) залежить від його властивостей та станів. Тому поняття *ізоморфізм*, яке означає взаємно однозначну відповідність і еквівалентність моделі й об'єкта повинно поступитися місцем узагальнюючому поняттю *гомоморфізм*, яке означає однонаправлену відповідність, приблизне або модифіковане відображення в моделях оригіналу. Як результат, структура об'єкта ПО і структура моделі не є ідентичні (тотожні). З точки зору системного підходу, наукова модель M_i^* об'єкта a_i, яка позначається знаком $\mathbf{x_i}$, є системою S_i^*, яка є результатом гомоморфного відображення $\mathbf{S_i} \xrightarrow{f} S_i^*$, де знак $\rightarrow$ є знаком імплікації (рис. 1). Формалізуємо сказане.

Розглянемо досліджувану ЕСВ, яка зображується множиною **S**. Два довільних елементи α і β множини **S** утворюють композицію χ, тобто елемент $\chi = \alpha \top \beta$, де $\alpha \in \mathbf{S}$, $\beta \in \mathbf{S}$, $\chi \in \mathbf{S}$, а символ $\top$ позначає певну операцію. Нехай модель **M*** досліджуваної системи складається з абстрактних об'єктів, які є образами об'єктів системи **S**. Тоді відображення множин f: $\mathbf{S} \rightarrow \mathbf{M^*}$ називається гомоморфізмом **S** в **M***, якщо для всякої пари (α, β) із **S** правдиве співвідношення

$$f(\alpha \top \beta) = f(\alpha) \perp f(\beta), \tag{3}$$

де об'єкти α і β є операндами. При цьому **S** гомоморфно відображається в **M*** відносно операцій $\top$ і $\perp$, а множини **S** і **M***, як два групоїда, мають різні властивості (ознаки) відносно визначених на них операцій $\top$ і $\perp$.

Наукова модель M_i^* об'єкта a_i є системою понять і відношень між ними. Вказана модель побудована на глибинних знаннях, головною ознакою яких є цілісність. Це може бути як формальна модель з високим ступенем абстракції (морфологічна, функціональна, інформаційна тощо), так і концептуальна (змістовна) модель, яка наповнена змістовною сутністю із заданої ПО. Моделі об'єктів a_i ($i=\overline{(1,n)}$) певної ПО за причинною обумовленістю поділяються на *детерміновані*, в яких всі зовнішні та внутрішні параметри приймають відомі, заздалегідь задані та чіткі значення, а також на *недетерміновані*. Останні, у свою чергу, поділяються на *стохастичні* моделі, які мають справу з випадковими величинами, та на *нечіткі* моделі, які оперують поняттями «лінгвістична змінна», «терм», «функція належності» та багатокритеріальними рішеннями, які задані у вигляді значень лінгвістичної змінної. Очевидно, що наукова модель М* досліджуваної емпіричної системи **S**, яка відображає ПО, складається з елементів x_i, які є моделями об'єктів a_i, тобто

$$\boldsymbol{X} = (x_1, x_2, \ldots, x_n), \tag{4}$$

де **X** є вектор, що характеризує сукупність моделей об’єктів a_i ($i = \overline{1,n}$), які відображають систему **S** (рис. 1). Тоді модель M* системи **S** можна задати так

$$\mathbf{M}^* = \langle \{x_i\}, i \in \mathbf{I}, \sim ; \{ R_j^* \}, j \in \mathbf{J}, \sim \rangle, \tag{5}$$

де R_j^* – відношення між елементами x_i ($i = \overline{1,n}$) моделі M*, які отримані шляхом гомоморфного відображення $R_j \rightarrow R_j^*$ і відповідно $o_i \rightarrow x_i$. Аналогічно, гомоморфне відображення φ буде між навчальною ($\mathbf{M}_i^{**}$) та науковою ($\mathbf{M}_i^*$) моделями об’єкта a_i.

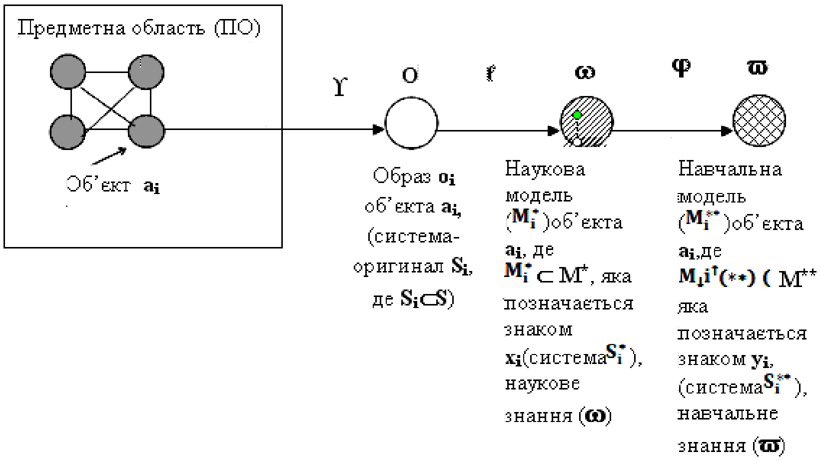


Рисунок 1 – Відображення матеріального об’єкта a_i предметної області з отриманням абстрактного образу o_i та моделей репрезентації об’єкта $\mathbf{M}_i^*$ і $\mathbf{M}_i^{**}$

Як видно з рис. 1, наукова модель $\mathbf{M}_i^*$ об’єкта $\mathbf{a}_i$ ПО є *науковим знанням* ω, яке відповідно [10], є відносно постійною та незмінною частиною інформації, яка характеризується інтерпретованістю, структурованістю, зв’язаністю, рекурсивною вкладеністю, єдністю, семантичною метрикою, активністю, наявністю ситуаційних «зв’язків» та класифікуючих відношень (ознаки знання доцільно пояснювати характеристиками інформації, яка розглядається як приріст знань).

Особливістю ЕНС є те, що вони оперують не науковими, а навчальними знаннями, які відображають об’єкт ПО обмежено як по ширині (екстенсивно), так і по глибині (інтенсивно). Об’єкт ПО, який має ім’я **N**, ім’я класу **K**, до якого він відноситься, сукупність властивостей й ознак **D**, що визначають його стан, відношення **R** з іншими об’єктами, можна подати у вигляді кортежу $\langle \mathbf{N}, \mathbf{K}, \mathbf{D}, \mathbf{R} \rangle$. Проте «наповнення» останніх двох складових кортежу (за обсягом знань, прагматикою, синтаксисом і семантикою) в наукових і навчальних знаннях буде різне. *Навчальне знання* ϖ, як теоретична модель пізнаного об’єкта ПО, правильно відображає його сутність в певних межах, але не адекватно йому (об’єкту) повністю. Адекватність навчальної моделі $\mathbf{M}_i^{**}$ об’єкта a_i ($i = \overline{1,n}$) означає, що вимоги повноти, точності та правильності моделі виконуються не взагалі, а лише тією мірою, яка достатня для досягнення навчальних і розвивальних цілей заняття чи самостійної роботи студента. Окрім цього, навчальні знання враховують психолого-гносеологічний аспект, тобто психологію сприйняття навчальної інформації студентами. Ось чому при проектуванні змісту навчання на перше місце ставиться «вираження знань», форма його подання студентам, а також цілісність знань («модульність»), яка вважається ключовою ознакою в інженерії знань.

Ядром будь-якої ЕНС є *база знань* – «…сукупність знань про ПО, яка записана на машинний носій у формі, що зрозуміла експерту і користувачу (зазвичай деякою мовою, наближеною до природної)» [11, с. 40]. При проектуванні БЗ слід враховувати

такі прагматичні та семантичні характеристики інформації, як актуальність, цінність, новизна, значущість, змістовність, глибина, повнота, точність, вірогідність, своєчасність надходження, темп старіння. З іншого боку, при побудові навчальної моделі ПО (змісту навчання) потрібно акцентувати увагу на такі характеристики інформації, як: кількість (обсяг), корисність (для досягнення цілей заняття), важливість (в аспекті смислового навантаження), інформативність і доступність (цінність і можливість сприйняття та розуміння сенсу), оперативність (темп формування студентом інформаційного образу об'єкта ПО). При проектуванні БЗ застосовують знання, які містять опис об'єктів ПО і зв'язків між ними (декларативні знання), а також знання, що описують процедури над станами об'єктів ПО (процедурні знання). З погляду глибини розрізняють екстенсіональні знання (поверхневі, конкретні) та інтенсіональні знання (глибинні, абстрактні).

Під терміном «*формалізація*» зазвичай розуміють процес перетворення вербального судження про об'єкт ПО в логічне висловлювання у вигляді формальної системи (формалізму). Формалізація здійснюється при розробці БЗ із урахуванням взаємозв'язків між поняттями ПО, тобто структури *поля знань* і можливої програмної реалізації. Формування БЗ певної ПО полягає в описі ПО моделями та мовами зображення знань. Відомі десятки *моделей зображення знань*, проте для побудови бази знань ЕНС, як правило, застосовують логічні та нечіткі моделі, продукційні правила, семантичні мережі та фрейми. Зокрема, продукційна модель дозволяє представити навчальні знання у вигляді правила типу «*Якщо* (умова), *то* (дія)». Вузли семантичної мережі являють собою класи сутностей (загальні поняття) або екземпляри сутностей (конкретні поняття), а ребра – відношення між поняттями. Фрейм-прототип застосовують, коли поняття репрезентують клас сутностей, а фрейм-екземпляр – коли поняття репрезентують конкретну сутність.

Електронні навчальні знання проектуються як модульні структури, причому змістовний модуль моделює ПО, а модульні елементи (МЕ) є навчальними моделями об'єктів ПО. Показано, що гнучкість змісту навчання суттєво збільшується за умови мобільної структури змістовного модуля, що досягається за наявності у його складі, крім інваріантних і варіативних МЕ, програмних слотів. За умови фреймової реалізації бази знань ЕНС слоти виконують функції нагромадження нової інформації, реалізують можливість переходу за гіперпосиланнями, встановлюють зв'язки між МЕ, забезпечують структурну та змістовну гнучкість модуля [12]. Модульна технологія навчання дозволяє реалізувати принцип ситуаційної гнучкості – можливість легко вводити зміни, доповнення, виправлення в електронний модуль й оперативно його перебудовувати на інші дидактичні цілі.

Наявність програмних МЕ і фреймова організація електронних знань в ЕНС дозволяють формувати зміст навчання будь-якої цілеспрямованості та рівня складності. Виходячи з принципів поліморфізму та багаторівневості проектування нами запропоновані *паралельні динамічні структури змісту навчання*, зокрема трирівневі МЕ та відповідні тести успішності [12]. Для кожного з рівнів складності змісту навчання (базовий, екстенсивний, інтенсивний) визначено домінуючий тип моделей зображення навчальних знань, поданих у декларативній і процедурній формах (ілюстрований текст, структурно-логічна схема, вербально-математична структура, граф, семантична мережа, фрейм, продукційна модель тощо).

Досконала ЕНС відноситься до програмних автоматизованих систем індивідуалізованого навчання (за змістом, послідовністю вивчення НМ, за темпом і когнітивним стилем) за умови наявності *інтелектуального (діалогового) інтерфейсу*, який забезпечує двосторонню передачу інформації між студентом і прикладними програмами, об-

робляє і коригує інформацію, аналізує запити та генерує вихідні повідомлення, надає студенту «приязне середовище» для індивідуалізованої роботи та пасивну й активну допомогу, адаптується до здібностей і когнітивно-розумової сфери студента, керує інтерактивним процесом засвоєння знань і вмінь. При цьому діалог повинен задовольняти ряд вимог, а саме педагогічності, симетричності та завершеності.

Діагностика розглядається як засіб забезпечення подальшої індивідуалізації навчання. БЗ методів діагностування дозволяє побудувати початкову ***модель студента***, яка включає його мнемонічні, розумові та психомоторні дані, наявний рівень його початкових знань і вмінь (рис. 2). На основі моделі ПО і заданих в БЗ цілей і змісту фахової підготовки формуються декілька завдань (задач), які повинен розв'язати студент (формалізація вказаних взаємозв'язаних завдань подається як система фреймів). Аналіз результатів і помилок розв'язання завдань, а також тестування дозволяють побудувати *ситуаційну модель студента* (СМС), яка включає наявні знання студента про об'єкти ПО, типові помилки, які він допускає і когнітивні механізми розв'язання завдань (задач), а також враховує якісні та кількісні параметри діяльності конкретного студента, відмінність його тезаурусу та когнітивного стилю від таких же характеристик «типового» студента. Показано [6], що знання про ПО (*загальна модель*) і знання про завдання (*ситуаційна модель*) відокремлені від механізму виводу, а це дозволяє роздільно пояснювати стратегію розв'язання завдань й описувати поняття ПО. Разом з тим метою побудови моделі студента є адаптація, а не побудова точної картини його знань. При цьому враховується *аксіома адаптації* – «…не потрібно будувати більш складну модель користувача, ніж можна використати в даній системі для адаптації» [13, с. 144].

Проектування *стратегії навчання* починається з вибору способу викладу НМ і правил вибору технології навчання [14]. ЕНС може реалізувати лінійний (традиційний) спосіб викладу НМ (від простого до складного з урахуванням повторення й узагальнення), а також багаторівневий (диференційований) спосіб із застосуванням як ієрархічних структур семантичних мереж, так і можливості навігації по гіпертексту в БЗ. Реалізація етапів і процедур низхідного (top-down) проектування дозволила нам отримати *паралельні структури навчальних знань* з електробезпеки трьох рівнів складності, а також трирівневі завдання тестів [15]. Якщо P_1 – система узагальнених понять про занулення на 1-му рівні складності (поверхові знання про об'єкти ПО), то третій рівень складності НМ характеризується ускладненням понять P_i^f $(f \in \overline{1,3})$ і відношень між ними (глибинні знання). Кожному з трьох рівнів притаманний обмежений контекст, який включає тільки істотні на кожному рівні деталі. Ієрархічна декомпозиція визначається операціями імплікації:

$$P_i^1 \to P_j^2 \to P_k^3,\ \text{де } i \in \overline{1,\mathbf{I}},\ j \in \overline{1,\mathbf{J}},\ k \in \overline{1,\mathbf{K}},\ \mathbf{I} \subseteq \mathbf{J} \subseteq \mathbf{K}. \quad (7)$$

Перехід від 1-го рівня до 3-го означає можливе збільшення кількості понять, які визначаються включеними множинами $\mathbf{I} \subseteq \mathbf{J} \subseteq \mathbf{K}$, і складністю викладу НМ. Вказаним рівням (базовий, поглиблений і творчий) відповідають три ступені активності студентів: репродукційна, інтерпретуюча та творча.

Вибір *технології навчання* визначається правилами вибору фрагментів НМ конкретного заняття залежно від результатів попереднього заняття або враховуючи коригування допущених помилкових дій студента (*модель помилок*). При цьому змінюється (вдосконалюється) початкова (робастна, груба) модель студента та визначається придатність й ефективність вибраної технології навчання. Зазначимо, що в навчанні, керованому ЕНС, не застосовуються загальнодидактичні методи та методики навчання, а розробляються технології навчання. До основних ознак, за якими розрізняють технології навчання від методик навчання, належать проективність, алгори-

тмізованість та гарантоване досягнення діагностично визначених цілей заняття. Нами показано, що будь-яка технологія навчання є алгоритмізованою структурою, елементами якої є гомоморфні образи прийомів навчання чи їх компонентів (процедур, операцій, дій) [16].

Далі проектується *модель процесу навчання* (model of teaching process) $\mathbf{M_{tp}}$ – сукупність алгоритму навчання та ситуаційної (situation) моделі студента ($\mathbf{M_S}$). Оскільки алгоритм навчання складається з алгоритму діяльності (activity) студента ($\mathbf{AL_a}$) і з алгоритму керування (management) з боку ЕНС ($\mathbf{AL_m}$), то модель процесу навчання умовно можна подати у вигляді такої символічної формули:

$$M_{tp} = M_S + AL_a + AL_m . \quad (8)$$

За структурою $\mathbf{AL_a}$ складається з мотиваційних, орієнтувальних, виконавчих, контрольних і коригувальних дій, а $\mathbf{AL_m}$ – цілепостановчих, орієнтовних, інструктивних, консультативно-координуючих, коригувальних, контрольно-перевірочних дій. Разом вказані алгоритми ($\mathbf{AL_a}$, $\mathbf{AL_m}$) утворюють *навчально-технологічний алгоритм* (НТА). Очевидно, що НТА, який лежить в основі конкретної технології навчання, може бути детермінований (чіткий), стохастичний, нечіткий або комбінований, а за змістом – репродуктивний чи евристичний.

На відміну від традиційних систем програмованого навчання, які базовані на «жорсткому» керуванні учінням, ЕНС реалізує «гнучке» керування учінням. *Керування учінням* – це послідовний набір дій з боку ЕНС, яка керує навчально-пізнавальною, навчально-практичною, експериментальною чи творчою діяльністю студента та модифікує його ситуаційну модель. Процес навчання є керованим внаслідок реалізації оперативного зворотного зв’язку. Реалізуючи задану мету заняття ЕНС генерує керуючі діяння **U** по відношенню до студента, який є об’єктом керування, а також одночасно є активним суб’єктом самоуправління учінням. У свою чергу, стан зовнішнього середовища **X** також впливає на діяльність студента. Тоді *модель студента* описує оцінку стану **Y** його знань і вмінь залежно від керуючих діянь, самоуправління та зовнішнього середовища:

$$Y = \mathbf{F}\,(U, U^*, X)\ ,\ Y \rightarrow Y^p\ , \quad (9)$$

де **F** – заданий оператор моделі, $\mathbf{Y^p}$ – цільовий стан студента, який визначається навчальною метою заняття. Знаючи навчальну мету $\mathbf{Y^p}$ і стан середовища **X,** можна вибрати таке керування **U** і самоуправління $\mathbf{U^*}$, які забезпечать когнітивний стан студента **Y**, найбільш близький до заданої навчальної мети $\mathbf{Y^p}$. До програмних засобів, які виконують керуючі дії відносяться *реактивні агенти* (від англ. agent – діючий), які функціонують за правилом «ситуація – дія», а також *інтелектуальні агенти* [11], які проектуються для виконання евристичних дій.

Нами показана доцільність адаптивного індивідуалізованого тестування з боку ЕНС за допомогою трирівневих завдань тесту. За результатами тестування студенту пропонується новий обсяг НМ, або він спрямовується на пропедевтичну гілку програми, за якою він знову вивчає попередній НМ, проте дещо іншими технологіями, ніж було раніше. Зокрема на основі результатів вхідного тестування система активізує програму «планувальник», яка автоматично генерує агенту, яка формує ситуаційну мету заняття. Із робочої пам’яті моделі студента вибирається конкретний варіант $\mathbf{AL_a}$, а із підсистеми 1 – $\mathbf{AL_m}$. ЕНС пред’являє студенту НМ певного рівня складності, а також ряд завдань (задач, вправ) з метою закріплення знань про об’єкт ПО, який вивчається, і формування вмінь.

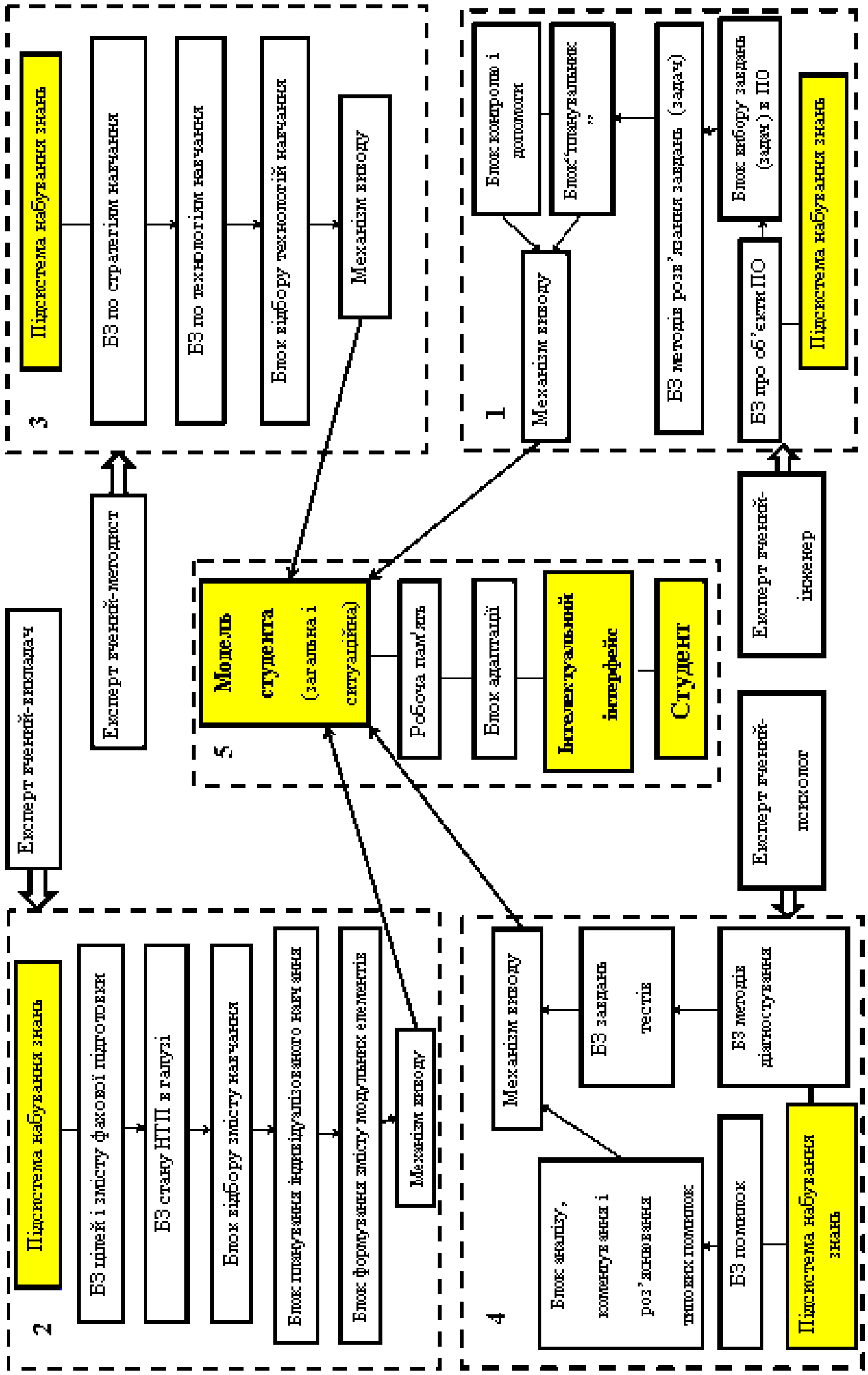


Рисунок 2 – Архітектура ЕНС

Створення бази знань ЕНС не уможливлюється без наявності технології проектування. Нами розроблені дві методики дидактичного проектування інтегрованого змісту модульних елементів та процесу навчання, які редуковані до рівня алгоритмів – методика низхідного (структурного) проектування та методика висхідного (об'єктно-орієнтованого) проектування. Процес дидактичного проектування відповідає загальній схемі: *об'єкт дидактичного проектування → специфікація → модель → проект → алгоритм→ → програма*. Програма необхідна для машинного виконання розробленого алгоритму.

На рис. 2 зображена загальна архітектура ЕНС, яка спроектована для студентів ВНЗ технічних спеціальностей та складається з п'яти підсистем: 1) підсистема набування знань про об'єкти ПО та розв'язання завдань (задач); 2) підсистема цілей і змісту фахової підготовки; 3) підсистема стратегій і технологій навчання; 4) підсистема діагностування знань і вмінь студента; 5) підсистема інтелектуального інтерфейсу та моделі студента.

Висновки. ЕНС нового покоління входять до класу інтелектуальних, тобто істотно розширюють межі та основні процеси людської пам'яті та мислення. ЕНС призначені для створення якісно нових можливостей, пов'язаних з автоматизацією проектування змісту та процесу навчання, а також здійснення процесу навчання шляхом індивідуалізованої розумової праці студентів під керуванням ЕНС.

Література

1. Джексон П. Введение в экспертные системы / Питер Джексон ; пер. с англ. В.Т. Тертышного. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2001. – 624 с.
2. Костюченко М.П. Концепція «семи І» як основа диверсифікації та неперервності розвитку модульних технологій підвищення кваліфікації / М.П. Костюченко // Післядипл. освіта пед. працівн. у системі непер. освіти : матеріали міжн. наук.-практ. конф. – Донецьк : ДІПО ІПП, 2006. – С. 132-137.
3. Герасимов Б.М. Проектування та застосування експертно-навчальних систем : монографія / Герасимов Б.М., Оксіюк О.Г., Шворов С.А. – К. : Вид-во Європ. ун-ту, 2008. – 263 с.
4. Лукін В.Є. Розробка автоматизованих навчальних систем нового покоління / В.Є. Лукін // Сучасна інформаційна Україна: інформатика, економіка, філософія : матеріали доповідей конф., 26 квітня 2012 р. – Донецьк : ДонНТУ, 2012. – С. 32-35.
5. Guilford J. The nature of human intelligence / Guilford J. – New York : Me Graw-Hill, 1967. – 320 p.
6. Петрушин В.А. Интеллектуальные обучающие системы: архитектура и методы реализации (обзор) / В.А. Петрушин // Техническая кибернетика. – 1993. – № 2. – С. 164-189.
7. Пфанцагль И. Теория измерений : пер. с англ. / Пфанцагль И. – М. : Мир, 1976. – 248 с.
8. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем : учеб. пособие / Рыбина Г.В. – М. : Финансы и статистика, 2010. – 432 с.
9. Костюченко М.П. Низхідне дидактичне проектування динамічних паралельних модульних структур навчального матеріалу з охорони праці / М.П. Костюченко // Збірник наук. праць ВНЗ «ДонНТУ». – Серія: Педагогіка, психологія і соціологія. – 2013. – № 1 (13). – С. 26-35.
10. Искусственный интеллект : в 3 кн. Кн. 2. Модели и методы : справочник / [под ред. Д.А. Поспелова]. – М. : Радио и связь, 1990. – 304 с.
11. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем : учеб. пособ. / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб. : Питер, 2000. – 384 с.
12. Костюченко М.П. Дидактичне проектування цілей і змісту професійно-теоретичної та професійно-практичної підготовки : навч. посібник / М.П. Костюченко. – Донецьк : ДІПО ІПП, 2008. – 100 с.
13. Брусиловский П.Л. Построение и использование моделей обучаемого в интеллектуальных обучающих системах / П.Л. Брусиловский // Техническая кибернетика. – 1992. – № 5. – С. 97-119.
14. Колос В.В. Разработка и реализация семейства интеллектуальных обучающих систем на основе учебных структур знаний / В.В. Колос, С.П. Кудрявцева, А.А. Сахно // Техническая кибернетика. – 1993. – № 2. – С. 190-201.
15. Костюченко М.П. Проектування паралельних структур навчальних знань з охорони праці методом ієрархічної декомпозиції / М.П. Костюченко // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал. – 2011. – № 2 (30). – С. 3-11.
16. Костюченко М.П. Аналіз відмітних ознак педагогічних технологій / М.П. Костюченко // Проблеми сучасної педагогічної освіти : збірник статей. – Серія «Педагогіка і психологія». – Ялта : КГУ, 2011. – Вип. 29. – Ч. 2. – С. 56-63.
17. Костюченко М.П. Дидактичне проектування в системі навчання охорони праці / М.П. Костюченко, В.Г. Здановський // Проблеми охорони праці в Україні : збірник наук. праць. – К. : ННДІПБОП, 2011. – Вип.21. – С. 125-137.

Literature

1. Jackson P. Introduction in consulting models / Piter Jackson; transl. from English V.T.Tertyshnogo. – M.: Publ. house. "Williams", 2001. – 624 p.
2. Kostyuchenko M.P. Conception «Seven And» as basis of diversification and continuity of development of module technologies of in-plant training / M.P. Kostyuchenko // After diploma education of pedagogical workers in the system of continuous education: mat. of intern. conference in Donetsk: DIAДE EPW, 2006. – P. 132-137.

3. Gerasimov B.M. Planning that application expertly educational systems: monograph /Gerasimov B.M., Oksyuk O.G., Shvorov S.A. – K.: Publishing house of the European university, 2008. – 263 p.
4. Lukin V.E.Development of automated teaching systems of new generation // Modern informative Ukraine: informatics, economy, philosophy: mat. of intern. cconference is Donetsk: DonNTU, 2012. – P. 32 – 35.
5. Guilford J. The nature of human intelligence. – New York: Me Graw-Hill, 1967. – 320 p.
6. Petrushin V.A. Intellectual teaching systems: architecture and methods of realization (review) / V.A. Petrushin // Technical cybernetics. – 1993. – № 2. – P. 164 – 189.
7. Pfantsagl' I. Theory of measuring's / I. Pfantsagl': transl. from english. – M.: World, 1976. – 248 p.
8. Rybina G.V. Bases of construction of the intellectual systems: manual for teaching / G.V. Rybina . – M.: Finances and statistics, 2010. – 432 p.
9. Kostyuchenko M.P. Descending didactics planning dynamic parallel modular constructions of educational material from a labor protection / M.P. Kostyuchenko // Collect. of scient. Labours HEE "DonNTU", series: Pedagogics, psychology and sociology. – 2013. – № 1 (13). – P. 26 – 35.
10. Artificial intelligence. – In 3th b. Book. 2. Models and methods: reference book; under a release D.A. Pospelova. – M.: Radio and connection, 1990. – 304 p.
11. Gavrilova T.A. Bases of knowledge's of the intellectual systems: manual for teaching / T.A. Gavrilova, V.F. Khoroshevskiy. – SPb: Piter, 2000. – 384 p.
12. Kostyuchenko M.P. Didactics planning of aims and table of contents professionally theoretical and professionally practical preparations: manual for teaching / M.P. Kostyuchenko. – Donetsk: DIАДЕ EPW, 2008. - 100 p.
13. Brusilovskiy P.L. Construction and use of models taught in the intellectual teaching systems / P.L. Brusilovskiy // Technical cybernetics. – 1992. – № 5. – P. 97 – 119.
14. Kolos V.V. Development and realization of family of the intellectual teaching systems on the basis of educational structures of knowledge's /V.V. Kolos, S.P.Kudryavtseva, A.A.Sakhno // Technical cybernetics. – 1993. – № 2. – P. 190 - 201.
15. Kostyuchenko M.P. Planning of parallel structures of educational knowledge's is from a labor of hierarchical decoupling a method protection / M.P. Kostyuchenko // News of the Donetsk mountain institute: Allukrainian scientific and technical magazine. – 2011. – № 2 (30). – P. 3 –11.
16. Kostyuchenko M.P. Analysis of distinctive signs of pedagogical technologies / M.P. Kostyuchenko // Problems of modern pedagogical education: Series: Pedagogics and psychology. Collection of the articles. – Yalta: CSU, 2011. – Issue 29. – Part 2. – P. 56-63.
17. Kostyuchenko M.P. The didactics planning is in the system of studies of labour protection / M.P. Kostyuchenko, V.G. Zdanovskiy // Problems of labour protection are in Ukraine: Collect. of scient. Labours. – K.: NSEIISLP, 2011. – Issue 21. – P. 125-137.

RESUME

M.P. Kostyuchenko

Informative-Cybernetic and Psychology- Didactic Aspects of Planning of The Expertly-Teaching Systems

Reform of higher technical education of Ukraine has related to wide introduction of new information technologies, in particular expertly training systems (ETS). This article presents the partial decision of a scientific problem which is particularly revealed in inconsistency between requirements to EOS and their possibilities.

Informative, cybernetic, didactic and psychological aspects of planning and functioning of ETS are analyzed. General architecture of ETS is offered and described its structural components. It is indicated that efficiency of EOS depends not only on quality of the technical, mathematical and programmatic providing but also from quality of the didactic providing.

Is developed two methods of the didactic planning of contents of teaching and process of teaching – method of the structured planning and method of the object-oriented planning. Is set, that transition to the base of educational knowledge's is possible as a result of homomorphism of reflection of scientific knowledges. It is rotined, that traditional (determined) and stochastic algorithms, unclear and heuristic algorithms are basis of technology of computer-aided instruction.

It is grounded, that model of training process is aggregate of model of student, algorithm of activity of student and management algorithm from the side of ETS. Algorithm of management must be flexible.

Стаття надійшла до редакції 15.07.2013.